NOTES DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE
Applications de la recherche forestière Centre de foresterie du Pacifique Numéro 28, février 2002

Expérience sur la régénération du pin blanc – Conclusions d'intérêt pour les aménagistes

D. Burgess, F. Pinto et S. Wetzel

Importance stratégique

Le pin blanc (*Pinus strobus* L.) est une essence importante pour la faune, les activités récréatives, la satisfaction des besoins spirituels et la production de bois. La valeur élevée de son bois justifie des investissements aux fins de l'aménagement approprié des peuplements de cette essence. La coupe progressive est le mode de régénération typique des peuplements de pin blanc. En Ontario, elle consiste à effectuer deux ou trois coupes partielles avant de récolter la majorité, mais non la totalité, des arbres de l'étage supérieur.

Régénération naturelle abondante du pin blanc trois ans après la scarification.

Le pin blanc réagit bien à la coupe partielle en raison de son assez bonne tolérance à l'ombre. Il peut s'établir et pousser dans des trouées relativement restreintes du couvert, dans presque tous les types de sol de son aire de répartition. Dans les stations à productivité supérieure, la compétition des espèces feuillues peut gêner sérieusement sa régénération naturelle. Le nombre et la taille des pins résiduels influent également sur l'établissement des semis et leur croissance initiale. Des recherches sont nécessaires pour mieux comprendre et évaluer les incidences des pratiques sylvicoles sur la croissance du pin blanc.

L'approche que nous avons adoptée pour évaluer la coupe partielle et les incidences de la préparation du terrain sur la régénération naturelle et artificielle du pin repose sur un protocole expérimental statistiquement valable : blocs aléatoires complets avec placettes subdivisées comportant quatre réplicats. Nous avons étudié plus particulièrement les effets de l'éclaircie et de la préparation du terrain sur la régénération du pin blanc.

Le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (Unité Science et Technologie) et l'Agence de foresterie du parc Algonquin ont été consultés dès les premières étapes de l'étude afin que les résultats leur soient utiles.

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Canada

Modes de régénération par coupe progressive appliqués au pin blanc

Le succès de la régénération du pin blanc est favorisé lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- bonne année semencière – Les graines du pin blanc ne se gardent pas dans le sol ou dans les cônes comme celles de certaines autres essences.
- lit de germination favorable – Le pin blanc a besoin d'arbres adultes en vie à proximité des sites convenant à la germination et à la croissance initiale des semis. Règle générale, plus il y a d'arbres adultes, plus il y a de graines qui peuvent germer.
- conditions du milieu favorables à la germination des graines ainsi qu'à l'établissement et à la croissance des semis – Les semis de pin blanc souffrent de la concurrence des feuillus à croissance plus rapide. Dans les peuplements à étage supérieur dense, sur terrains non préparés, l'accès à la lumière, aux éléments nutritifs et à l'humidité est réduit pour la végétation du sous-étage.

Les principaux objectifs de la coupe progressive sont d'assurer un effectif suffisant d'arbres adultes producteurs de semences et d'offrir à la régénération la protection dont elle a besoin. En Ontario, le mode de régénération par coupe progressive prévoit quatre types d'interventions dans les peuplements :

1. coupe préparatoire, ou éclaircie par le bas, pour accroître la vigueur des arbres semenciers d'avenir. On récolte les arbres moins vigoureux et on conserve les arbres sains.
2. coupe de régénération, qui laisse sur pied les arbres les plus gros et les plus sains en tant que sources de semences et crée des conditions plus susceptibles de limiter les dommages causés par le charançon du pin blanc et la rouille vésiculeuse. D'autres arbres sont conservés en raison de leur utilité pour la faune comme ceux qui possèdent des cavités, qui sont une source de nourriture (paisson) ou encore qui offrent un refuge en hauteur (arbres géants).
3. coupe secondaire, lorsque la régénération dans le sous-étage (au moins 30 cm de hauteur) est suffisante pour former un nouveau peuplement de pin blanc. On récolte certains arbres en imitant la mortalité causée par une perturbation naturelle, comme un incendie. On ouvre le peuplement de sorte que la fermeture du couvert après la coupe soit d'environ 30 à 50 %. On crée ainsi des conditions qui réduisent les dommages causés aux semis par le charançon du pin blanc et la rouille vésiculeuse.
4. coupe définitive, lorsque la régénération de pin blanc atteint environ trois mètres de hauteur. Certains arbres adultes sont laissés sur pied (ordinairement 10-20 par hectare) en raison de leur intérêt écologique (ex. : vétérans) ou de leur utilité comme habitat (ex. : paisson, refuge en hauteur et cavités).

Si la coupe d'ensemencement est bien programmée pour coïncider avec une bonne année semencière, il est conseillé de préparer le terrain par scarification mécanique en vue d'assurer des conditions plus favorables à la régénération naturelle ou artificielle (plantation). Sur les terrains de bonne qualité, on peut s'attendre à une forte compétition de la part du peuplier faux-tremble, du peuplier à grandes dents, de l'érable rouge et du sapin baumier. La scarification mécanique est souvent suivie d'un traitement herbicide pour retarder la concurrence végétale. (Une plantation complémentaire de semis de pin blanc dans le sous-étage peut être nécessaire les moins bonnes années semencières et peut être souhaitable pour accroître la productivité.)

La zone d'étude

Trois peuplements naturels de pins de 110 ans de la Forêt expérimentale de Petawawa (45° 57′ N, 77° 34′ O), située à Chalk River (Ontario), ont été choisis pour étudier les effets de l'éclaircie, de la préparation du terrain et de la plantation en sous-étage sur la survie et la croissance initiale des semis de pin blanc. La zone est classée écosite de type ES 11.2 suivant le système de classification (CEF) des forêts du Centre de l'Ontario. Le couvert se composait principalement de pins blancs accompagnés d'arbres d'essences associées (tableau 1). Les sols sont des brunisols et podzols acides (pH 3,8) à texture variant du sable grossier au sable fin.

On a appliqué les traitements d'éclaircie suivants aux placettes :

1. éclaircie pour créer des ouvertures entre les arbres d'une largeur équivalente à celle de un houppier – récolte de 62 % du volume total, densité du couvert réduite à 37 %;
2. éclaircie pour créer des ouvertures entre les arbres équivalente à celle de deux houppiers entre les arbres – récolte de 82 % du volume total, densité du couvert réduite à 16 %;
3. témoin (parcelle non coupée) -- densité du couvert de 80 %.

Les arbres ont été marqués avant la récolte afin que les arbres résiduels soient de bonne taille, bien distribués, sains et conformes aux objectifs concernant les produits futurs, la santé et d'autres valeurs.

La scarification a été réalisée à l'automne 1994, coïncidant avec une excellente année semencière pour le pin blanc. On a appliqué les quatre traitements de préparation du terrain suivants aux placettes :

1. scarification à la lame (à l'aide d'un bulldozer John Deere 350 équipé d'une lame orientable à six positions);
2. destruction des broussailles à l'aide d'un herbicide (application au sol de Vision® [N-(phosphonométhyl)glycine] à la dose de 1,5 kg/ha à l'aide d'un pulvérisateur à dos);
3. scarification à la lame et destruction des broussailles;
4. aucun traitement (témoin).

Tableau 1a. Surface terrière (m^2 / ha) dans les placettes témoins, non éclaircies (Th 0).

Classe (cm)	Pin blanc	Pin rouge	Épinette blanche	Sapin baumier	Érable rouge	Bouleau à papier	Tremble	Autres essences
0-25	1,60	0,43	0,60	1,07	0,53	0,12	0,19	0,09
25,1-37	3,38	2,41	0,51	0,01	0,05	0,28	1,24	0,05
37,1-49	6,07	10,01	0,21	0	0	0	1,29	0,03
49,1+	5,56	6,23	0,05	0	0	0	0,20	0,00
Total	16,62	19,08	1,37	1,09	0,58	0,40	2,92	0,17

Tableau 1b. Surface terrière (m^2 / ha) après éclaircie dans les placettes à espacement de un houppier (Th 1).

Classe (cm)	Pin blanc	Pin rouge	Épinette blanche	Tremble
0-25	0,10	0,05	0,05	0,02
25,1-37	1,14	0,72	0,03	0,04
37,1-49	2,32	3,24	0	0,19
49,1+	4,05	1,93	0	0,12
Total	7,61	5,94	0,08	0,37

Tableau 1c. Surface terrière (m^2 / ha) après éclaircie dans les placettes à espacement de deux houppiers (Th 2).

Classe (cm)	Pin blanc	Pin rouge	Épinette blanche	Tremble
0-25	0,03	0	0	0
25,1-37	0,34	0,12	0	0,04
37,1-49	0,93	1,29	0,03	0
49,1+	2,40	1,55	0	0
Total	3,70	2,96	0,03	0,04

Dommages causés aux arbres résiduels lors de la récolte

De très faibles dommages ont été causés aux arbres résiduels d'après l'évaluation faite par l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC); seulement 2 % des arbres résiduels retenus ont été blessés. Les plaies de la moitié de ceux-ci mesuraient moins de 100 cm^2; pour les autres, la taille moyenne était de 625 cm^2. Trois facteurs expliquent ce faible niveau de dommages :

a) expérience et bonne formation des ouvriers forestiers et des opérateurs du matériel, qui ont été encouragés à travailler soigneusement par des incitatifs financiers;

b) surveillance étroite des opérations de récolte;

c) réalisation de la récolte en hiver, lorsque les arbres résistent mieux aux blessures à la tige.

Chablis

Relativement peu d'arbres ont été déracinés par le vent. Les déracinements les plus nombreux ont été observés dans le site le plus fortement éclairci. Deux années après les traitements, les nombres d'arbres déracinés par hectare étaient de 1,75 pour le traitement témoin, de 1,50 pour l'espacement de un houppier et de 2,50 pour l'espacement de deux houppiers. Le risque de déracinement par le vent augmente plus la densité des arbres résiduels est réduite.

Établissement des semis

La scarification (préparation mécanique du terrain) a réduit la végétation concurrente dans le sous-étage et créé davantage d'espaces propices à la germination. Elle a réorganisé l'humus et les débris ligneux grossiers en petits tas dispersés dans la zone traitée. Elle a exposé suffisamment le sol minéral en surface pour améliorer la germination tout en conservant les éléments nutritifs sur place. En conséquence, un nombre supérieur de pins blancs d'origine naturelle ont réussi à s'établir sur les sites non éclaircis mais scarifiés (tableau 2). Au départ, les nombres de semis reflétaient la bonne année semencière et étaient fonction du nombre de semenciers restant après l'éclaircie.

Tableau 2. Régénération naturelle (milliers de semis par hectare) deux saisons de croissance après le traitement.

Essence	Débroussaillement	Témoin (pas de coupe)		Espacement 1 houppier		Espacement 2 houppiers	
		Sans scarification	Avec scarification	Sans scarification	Avec scarification	Sans scarification	Avec scarification
Pin blanc[1]	sans herbicide	15,6 b	248,3 a	5,7 b	64,7 ab	3,8 b	11,8 b
	herbicide	20,8 b	168,6 ab	4,5 b	57,3 ab	1,9 b	16,0 b
Pin rouge	sans herbicide	0,0 b	0,0 b	0,2 b	1,5 a	0,0 b	0,0 b
	herbicide	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,2 b	0,0 b	0,0 b
Autres	sans herbicide	27,7 b	259,8 a	20,8 b	35,8 b	13,2 b	26,1 b
essences[2]	herbicide	29,4 b	83,1 b	25,0 b	35,9 b	8,9 b	18,8 b
Total	sans herbicide	43,3 b	508,1 a	26,8 b	102,0 b	17,0 b	37,9 b
	herbicide	50,2 b	251,8 ab	29,4 b	93,4 b	10,8 b	34,8 b

[1] Pour une même essence ou un même groupe d'essences, les nombres de semis suivis d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (p = 0,05) d'après le test HSD (différence significative honnête) de Tukey.

[2] Principalement sapin baumier, érable rouge, peuplier faux-tremble et bouleau à papier.

Taux de croissance des semis de pin blanc

Trois années après la plantation, nous avons constaté une amélioration de la croissance en hauteur des semis avec la combinaison éclaircie et préparation du terrain (figure 1). Nous avons également observé des effets positifs sur la croissance radiale : le diamètre moyen au collet était de 3,2 mm pour l'espacement de deux houppiers avec scarification et débroussaillement, par comparaison à 1,1 mm pour le traitement témoin. La combinaison des traitements a considérablement augmenté la masse aérienne, la hauteur moyenne et le diamètre au collet, surtout pour les semis plantés de pin blanc.

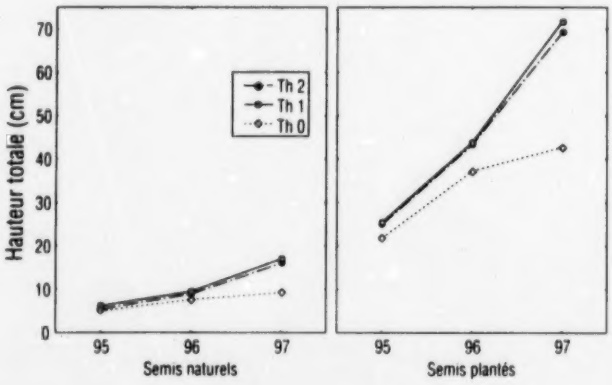

Figure 1. Accroissement total en hauteur des semis de pin blanc durant les trois premières saisons de croissance. (Les semis plantés sont plus âgés que les semis naturels; ils mesuraient en moyenne 14 cm de hauteur au moment de leur plantation, au début de la saison de croissance 1995; à ce moment, les semis naturels étaient seulement au stade de germination).

Facteurs environnementaux influant sur la régénération du pin blanc

Divers régimes sylvicoles à coupe progressive ou à peuplement inéquienne peuvent être utilisés pour ajuster les ressources disponibles en fonction des besoins des arbres résiduels de l'étage supérieur et des semis du sous-étage (éléments nutritifs, éclairement, eau et température). Il incombe aux aménagistes de planifier des combinaisons appropriées de traitements pour améliorer l'établissement, la croissance et la qualité de la tige des pins blancs.

a) Différences des éléments nutritifs

L'azote est généralement le plus important facteur limitant pour la croissance des arbres. L'abondance des éléments nutritifs peut aussi être un facteur important dans le développement du pin blanc, mais seulement lorsque la végétation concurrente est maîtrisée. Une carence peut réduire de façon marquée la croissance des semis en biomasse et en hauteur. Jusqu'à présent, la croissance des semis n'a pas été influencée par l'azote; les différences entre les zones traitées pour ce qui a trait aux éléments nutritifs diminuent trois ans après l'éclaircie et la scarification. Néanmoins, des améliorations de l'équilibre nutritif des pins blancs naturels et plantés ainsi que de la croissance initiale ont été réalisées, grâce à une combinaison de traitements d'éclaircie, de scarification et de débroussaillement.

La scarification à la lame n'a pas fait disparaître la couverture morte, mais l'a plutôt redistribuée par petits tas. Ce procédé s'est révélé efficace pour diminuer la concurrence initiale et améliorer l'enracinement des semis de pin. La répartition de ces tas a pu compenser la réduction des éléments nutritifs, et les effets pourraient s'intensifier avec le temps, avec la décomposition des tas de rémanents.

b) *Éclairement*

La croissance initiale du pin blanc est lente par comparaison à la végétation concurrente feuillue. En augmentant l'éclairement et en maîtrisant la végétation concurrente, on permet aux semis de profiter de ressources plus abondantes en eau et en éléments nutritifs et d'un milieu de croissance plus chaud.

La destruction des broussailles est isolément le traitement de préparation du terrain le plus efficace pour réduire la végétation concurrente. Dans cette étude, il a considérablement amélioré la croissance des semis de pin blanc, portant à croire que la lumière ou les ressources souterraines, ou les deux ensemble, sont des facteurs limitants majeurs. La biomasse des semis a augmenté en fonction de l'intensité d'éclairement, tout comme le diamètre de la pousse apicale, le diamètre au collet et la masse des racines.

c) *Températures du sol*

Des températures du sol constamment supérieures (1 - 2 °C) ont été mesurées dans les placettes scarifiées et débroussaillées. Le sol de ces placettes est demeuré plus chaud pendant presque toute la saison de croissance, favorisant le développement de racines vigoureuses.

d) *Interactions entre facteurs environnementaux*

Le pin blanc a réagi positivement à des augmentations combinées de l'éclairement, de l'humidité et de l'azote. Il importe de mesurer et d'éclaircir les effets des divers traitements sylvicoles sur la température du sol, l'abondance et l'utilisation de l'eau du sol et d'autres facteurs environnementaux pour comprendre les mécanismes d'adaptation et de compensation des arbres dans des milieux défavorables. En vue d'améliorer la croissance, il convient d'abord de déterminer les facteurs qui limitent la photosynthèse et de quantifier leur influence.

Au bout de deux ans, les chablis étaient plus nombreux dans les sites éclaircis à plus fort espacement. Le risque de chablis est influencé par la densité et la forme des arbres, les caractéristiques du paysage, la nature des sols (y compris leur humidité) et la profondeur d'enracinement.

Charançon du pin blanc

En général, les conditions offertes par un couvert partiel (ombre, réduction de la variation de facteurs microclimatiques journaliers et saisonniers, comme la température, et habitat propice aux prédateurs du charançon du pin blanc) limitent les attaques de la pousse apicale par le charançon. Le fait que la croissance en hauteur du pin blanc soit presque aussi bonne à un espacement de un houppier qu'à un espacement de deux houppiers présente un intérêt particulier lorsqu'on considère les avantages de l'ombre pour la lutte contre le charançon. La protection contre le charançon obtenue avec une diminution seulement mineure de la croissance fait de la coupe partielle une option idéale pour le pin blanc.

Conclusions d'intérêt pour les aménagistes

La régénération par coupe progressive permet de récolter les tiges de moins bonne qualité et des essences plus vulnérables aux perturbations naturelles, comme le feu. Elle accélère le développement des arbres résiduels plus gros, en donnant la préférence aux pins. Comme les pins résiduels atteignent beaucoup plus rapidement la taille marchande, l'âge d'exploitabilité technique peut être réduit de 20 à 30 ans. De plus, il n'y a pas eu diminution du brout disponible et de la diversité des espèces herbacées.

En résumé, nos recherches sur les effets de l'éclaircie et de la préparation du terrain sur la régénération du pin blanc ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Une coupe partielle peut être effectuée dans les peuplements de pins mûrs sans causer de dommages importants aux arbres résiduels en faisant appel à des équipes expérimentées, encouragées par des incitatifs financiers, et en surveillant le travail de près.
- Bien appliqué, le mode de régénération par coupe progressive permet de laisser sur pied une proportion supérieure de pins par rapport aux autres essences et d'accroître, après l'éclaircie, le diamètre moyen des pins par rapport à ce qu'il était avant l'éclaircie.
- Le nombre de semis de pin est directement relié au nombre de semenciers sains, de bonne taille, retenus; autrement dit, plus de semis de pin s'établissent quand plus de gros pins sains producteurs de graines sont conservés.
- Les éclaircies qui créent de larges trouées, comme celles obtenues avec un espacement de la largeur de deux houppiers, favorisent le déracinement par le vent et, probablement aussi, les attaques du charançon.
- La scarification doit coïncider avec une bonne production de graines des pins.
- Les aménagistes peuvent retarder la scarification jusqu'à une bonne année semencière. Toutefois, ils doivent être conscients que le recours à la régénération naturelle uniquement et les retards initiaux d'établissement de la régénération peuvent entraîner des pertes au chapitre de la croissance et de la durée de la révolution.
- Une plantation de semis est de mise les années où la production de graines est moins bonne.
- La scarification améliore surtout la régénération du pin (à la fois en nombre et en densité) dans les peuplements non éclaircis; les aménagistes forestiers pourraient procéder à une scarification dans les peuplements de pin avant l'éclaircie pour encourager la régénération naturelle du pin blanc.
- Un nombre relativement élevé de semis doivent être établis, car les taux de mortalité naturelle sont importants et un certain nombre de semis sont détruits lors d'éclaircies ultérieures.
- En combinant préparation du terrain et éclaircie, on obtient les meilleurs résultats pour l'établissement de la régénération, la survie et la croissance initiale, en particulier aux endroits où la productivité est élevée et la concurrence, forte.

Lectures additionnelles

Burgess, D.; Wetzel, S.; Pinto, F. 1999. Regenerating eastern white pine: a cooperative research approach. Forestry Chronicle 75: 423-425.

Burgess, D.; Robinson, C.R. 1998. Canada's oldest research plots - thinning in white and red pine. Forestry Chronicle 74: 606-616.

Burgess, D.; Wetzel, S. 2000. Nutrient availability and regeneration response after partial cutting and site preparation in eastern white pine. Special edition, papers from the Ninth North American Forest Soils Conference. Forest Ecology and Management 138: 249-261.

Burgess, D.; Wetzel, S.; Baldock, J.A. 1998. White/red pine stand response to partial cutting and site preparation. Journal of Sustainable Forestry 10: 221-227

Chambers, B.A.; Naylor, B.J.; Nieppola, J.; Merchant, B.; Uhlig, P. 1997. Field guide to forest ecosystems of central Ontario. Ont. Min. Natural Resources, Ontario. SCSS Field Guide FG-01. 200 p.

Pinto, F. 1992. Silvicultural practices in Ontario's white pine forests. Pages 170-178 *in* R.A. Stine and M.J. Baughman, editors. Proc. White pine symposium: history, ecology, policy and management, held Sept. 16-18, 1992, Duluth, Mn.., Dept. For. Resources, Univ. Minnesota, St. Paul, MN.

OMNR (Ontario Ministry of Natural Resources). 1998. A silvicultural guide for the Great Lakes-St. Lawrence conifer forest in Ontario. Version 1.1. Queen's Printer for Ontario. Toronto. 424 p.

Stiell, W.M.; Robinson, C.F.; Burgess, D. 1994. 20-year growth of white pine following a commercial improvement cut in pine mixedwoods. Forestry Chronicle 70: 385-394.

Wetzel, S.; Burgess D. 2001. Understorey environment and vegetation response after partial cutting and site preparation in *Pinus strobus* L. stands. Forest Ecology and Management 151: 43-59.

Personnes-ressources

Darwin Burgess,
Centre de foresterie du Pacifique,
Service canadien des forêts, 506 West Burnside Road,
Victoria (Colombie-Britannique), V8Z 1M5,
(250) 363-0724,
dburgess@pfc.forestry.ca.

Fred Pinto,
ministère des Richesses naturelles de l'Ontario,
3301 Trout Lake Rd., North Bay (Ontario), P1B 6V2,
(705) 475-5563,
fred.pinto@mnr.gov.on.ca.

Suzanne Wetzel,
Centre de foresterie des Grands Lacs,
Service canadien des forêts,
1219, rue Queen Est, C.P. 490,
Sault Ste. Marie (Ontario), P6A 5M7,
(705) 759-5740,
swetzel@NRCan.gc.ca.

Remerciements

Dean Mills, Service canadien des forêts, collaborateur.

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui ont participé à la planification et à la mise en œuvre de cette étude, en particulier deux techniciens supérieurs de recherche à l'emploi du Service canadien des forêts : MM. Craig Robinson, Forêt expérimentale de Petawawa, Chalk River (Ontario), et Gord Brand, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario).

Cette étude a obtenu des appuis financiers de l'Entente de développement du Nord de l'Ontario (EDNO) et du Service canadien des forêts et des appuis en nature de l'Agence de foresterie du parc Algonquin et de l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC).

Pour de plus amples renseignements sur le Service canadien des forêts et nos études, visitez notre site Web à l'adresse suivante : **http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca**

© Sa Majesté du chef du Canada, 2002

Imprimé sur papier recyclé
ISSN 1485-2815 Cat. No. Fo29-47/28-2002F
ISBN 0-662-87021-2

This publication is also available in English.

Canada